

Größer, schneller und präziser

Jens Karl Wegener

Julius Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

Kurzfassung

Bei der Pflanzenschutztechnik ist der Trend zur Nutzung größerer Arbeitsbreiten und moderat höherer Arbeitsgeschwindigkeiten weiter ungebrochen. Dabei unterstützen zahlreiche technische Lösungen den Anwender in unterschiedlicher Art und Weise, z.B. bei der Einsparung von Pflanzenschutzmitteln, bei der Einhaltung gesetzlicher Auflagen, beim Gerätemanagement sowie beim Anwenderschutz. Neue Entwicklungen sind zudem im Bereich der Abdriftminderung zu verzeichnen. Das Konzept des auf 25 cm verringerten Düsenabstandes wurde durch eine verbesserte Gestängeaufhängung weiterentwickelt. Darüber hinaus gibt es für diese Gerätekonfiguration erstmals eine JKI anerkannte Düse.

Schlüsselwörter

Pflanzenschutzgeräte, Düsen, Precision Farming, Teilbreitenschaltung, Gerätereinigung, Abdrift

Larger, faster and even more precise

Jens Karl Wegener

Julius Kuehn-Institute, Institute for Application Technology in Plant Protection, Brunswick

Abstract

The trend within the field of spraying technology is still towards the use of larger working width and a moderately higher working speed. Hereby, a lot of technical solutions are assisting the operator while spraying in different ways, for example with the aim of saving pesticides, the compliance of legal regulations, the management of sprayer's handling as well as the protection of the operator. New tendencies can be found in the field of drift control. The concept of reducing the distance between nozzles and crop target area down to 25 cm was enhanced by better boom suspension. Furthermore, a specific nozzle for this configuration was accredited by JKI for the first time.

Keywords

Plant protection equipment, nozzles, precision farming, section switch, sprayer cleaning, drift control

Entwicklung der Pflanzenschutztechnik

Nachdem der Umsatz in der Agrartechnik-Industrie in 2009/10 deutlich zurückgegangen war, konnte er seitdem wieder kräftig zulegen [1]. Dieser Anstieg ist u.a. auch auf einen guten Absatz im Bereich der Pflanzenschutztechnik zurückzuführen. Lagen die Produktionszahlen bei Pflanzenschutzgeräten für Flächenkulturen in 2010 noch bei 2.982 Stück, so konnten diese aufgrund der guten Nachfrage in 2012 auf 3.891 Stück gesteigert werden [1]. Anhängengeräte zählen vor den Anbaugeräten nach wie vor zu den meistverkauften Gerätetypen und sind in allen erdenklichen Ausstattungsvarianten auf dem Markt. Der Trend geht ungebrochen in allen Anwendersegmenten in Richtung größerer Behälter. Anbaugeräte erreichen mittlerweile inklusive Fronttank Kapazitäten von bis zu 2.900 Litern bei maximalen Arbeitsbreiten von 28 m. Bei den Anhängengeräten werden Volumina von bis zu 14.000 Litern und Arbeitsbreiten bis 51 m erreicht. Das Angebot bei den Selbstfahrern wird durch neue Modelle ebenfalls weiter ausgebaut. Diese können nun zum Teil auch zugunsten der Anwendersicherheit optional mit einer Kabinenluft-Filterung der Kategorie 4 nach EN 15695 ausgestattet werden (**Bild 1**).



Bild 1: Selbstfahrer gibt es nun auch mit Kabinenluft-Filterung der Kategorie 4 [Amazone]
Figure 1: Self propelled sprayer are now available with air filtration of category 4 [Amazone]

Anhaltender Trend zu mehr Präzision

Wachsende Betriebsstrukturen, größere Arbeitsbreiten sowie steigende Fahrgeschwindigkeiten bei der Applikation stellen einen immer höheren Anspruch an die optimale Bedienung und Regelung von Spritzgeräten. Hier gibt es ganz unterschiedliche technische Strategien, um die Applikationsmenge unter den jeweils vorherrschenden Rahmenbedingungen auf das notwendige Maß zu reduzieren.

Assistenzsysteme

Assistenzsysteme entlasten den Bediener bei der Durchführung von Routinemaßnahmen. In der Vergangenheit wurden sie bereits vielfältig z.B. für die Regelung der Ausbringmenge, Lenkung, Teilbreitenschaltung, Gestängekontrolle bis hin zur Gerätereinigung eingesetzt. Dieser Trend setzt sich mit neuen Aufgaben weiter fort. Neue Assistenzsysteme unterstützen den Anwender etwa durch eine vollautomatische Hangsteuerung bei der präzisen Spurführung von Anhängespritzen auch unter schwierigen Einsatzbedingungen. Auch bei Kurvenfahrten während der Applikation, die zu ungleichmäßiger Verteilung führen, können Assistenzsysteme nun durch Berücksichtigung der Effektivgeschwindigkeit des Gestänges, die Ausbringmenge in den Teilbreiten automatisch anpassen. Noch höhere Präzision ist zu erwarten, wenn solche Systeme zukünftig mit der Option der Einzeldüsenschaltung verknüpft werden.

Bessere Übersichtlichkeit und mehr Bedienkomfort bei der Prozesskontrolle

Das Bedienterminal stellt die Schnittstelle zwischen dem Anwender und der Applikationstechnik dar. Aufgrund des bereits genannten Umstands, dass die technischen Möglichkeiten zur Steuerung und Regelung der Spritzgeräte immer umfangreicher werden und dass sich die Aufgaben des Anwenders zunehmend vom Prozessgestalter zum Prozessüberwacher wandeln, ist hier der Anspruch an die Übersichtlichkeit und an einen möglichst hohen Bedienkomfort groß. Aktuelle Terminals integrieren deshalb zunehmend alle wichtigen Informationen über Applikationsparameter, Spurführung, Teilbreitenschaltung und Gestängemanagement übersichtlich auf einem Bildschirm. Daneben muss die Kommunikation zwischen Traktorsteuergerät, Jobrechner auf dem Spritzgerät und dem Bedienterminal einwandfrei funktionieren, was eine ISOBUS-konforme Lösung voraussetzt. Durch Einbindung des Terminals in ein Funknetzwerk (WLAN) können Daten zukünftig komfortabler übertragen werden. Darüber hinaus werden bereits bestehende Maßnahmen zur Prozesskontrolle weiter verbessert. Erfolgte die Kontrolle der Spritzfächer bei der Applikation rein visuell durch den Anwender, wird er auch dabei zukünftig entlastet. Mit Hilfe von Durchflussmessern kann heute jede einzelne Düse überwacht werden. Kommt es zur Verstopfung, wird dies dem Anwender sowohl auf dem Terminal als auch über die Beleuchtungseinrichtung am Gestänge angezeigt.

Schnellere Reaktionszeiten

Auch eine Beschleunigung der Reaktionszeiten sowie eine bessere Abstimmung einzelner Komponenten beim Steuern und Regeln können bei der Applikation zu mehr Präzision führen. Diese Strategie lässt sich auf unterschiedliche Komponenten von Spritzgeräten erfolgreich anwenden. Höhere Verteilgenauigkeiten lassen sich etwa durch eine unverzügliche Anpassung der Gestängeführung an das Untergrundrelief, eine beschleunigte Regelung der Aufwandmenge bei Geschwindigkeitsveränderungen oder durch einen schnelleren Auf- und Abbau des Spritzfächers erzielen. Noch mehr Genauigkeit bei der Applikation kann die elektronische Teilbreitenschaltungen ermöglichen, mit der eine GPS-gesteuerte Einzeldüsenschaltung bei Gestängebreiten von bis zu 60 Metern prinzipiell umgesetzt werden kann. Dass es bei solchen Lösungen aber z. T. auch noch Optimierungs-

bedarf bei der Abstimmung der Schaltzeiten an die jeweils verwendeten Ventile gibt, zeigen die in **Bild 2** dargestellten Ergebnisse einer Untersuchungen des JKI zur Schaltgenauigkeit von Teilbreitenschaltungen auf [2].

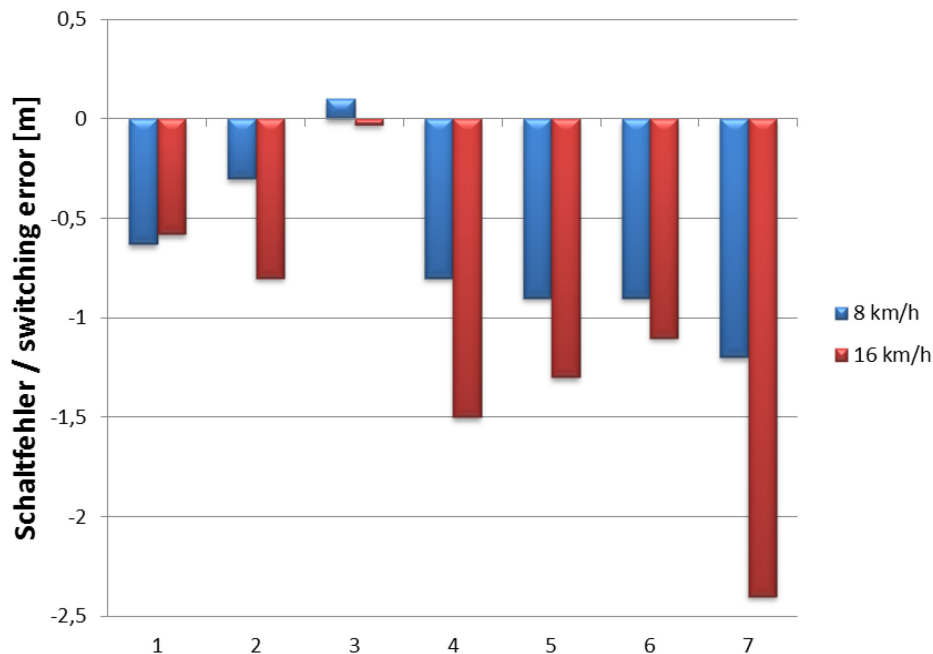


Bild 2: Schaltfehler sieben verschiedener Anhängespritzen beim Ausfahren aus dem Vorgewende. Positive Werte: zu spätes Schalten, negative Werte: zu frühes Schalten

Figure 2: Switching error of seven trailed sprayers occurring while driving out of the headland. Positive values: switched too late, negative values: switched too early

Precision Farming

Eine zunehmend wichtige Entwicklung bei der intelligenten Flächenbewirtschaftung besteht in der Einbeziehung applikationsunterstützender Daten. Im Rahmen des iGreen Projektes wurde der internetbasierte „Applikationsassistent Pflanzenschutz“ entwickelt, der den Anwender auf der Schlagebene bei den Fragen wo, wann und wie viel Pflanzenschutzmittel er einsetzen soll, unterstützen kann [3]. Nach Eingabe von Basisdaten (Schlaggeometrie, Applikationstechnik und anzuwendendes Pflanzenschutzmittel) in ein Geoformular erfolgt die Ermittlung der Behandlungsnotwendigkeit und ggf. -strategie unter Einbeziehung von Schaderregerprognosen und ex post Wetterdaten (**Bild 3**). Das System generiert im nächsten Schritt eine Applikationskarte, in der der Spritzbereich sowie die gesetzlichen Abstandsauflagen zu Kleinstrukturen und Gewässern dargestellt sind. Nach Umwandlung der Informationen aus der Applikationskarte in das herstellerunabhängige ISO-XML-Format, werden die Daten auf das Terminal des Applikationsgerätes aufgespielt. Verfügt das Applikationsgerät über GPS und automatische Teilbreitenschaltung, erfolgt die Applikation unter Einhaltung aller Abstandsauflagen automatisch und wird zusätzlich dokumentiert. Hier ist für die Zukunft mit weiteren Assistenzsystemen zu rechnen, die zusätzliche on- und offline Informationsquellen nutzen, um den notwendigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf ein Minimum zu reduzieren.

Applikationsassistent Pflanzenschutz

Erstellung maschinenlesbarer Applikationskarten
mittels privater und öffentlicher Daten



Bild 3: Verfahrensablauf des Applikationsassistenten Pflanzenschutz [4]

Figure 3: Process flow of the application assistance system [4]

Speziell für die teilflächenspezifische Applikation gibt es neue technische Lösungen, bei denen zwei unabhängig arbeitende Spritzgeräte (Behälter, Pumpe, Regler, Düsenrohr) in einer Maschine integriert sind. Durch die Befüllung mit unterschiedlichen Mitteln können zwei separate Anwendungen mit nur einer Überfahrt durchgeführt werden. Dabei werden die jeweiligen Aufwandmengen getrennt voneinander geregelt. Dieses System bietet insbesondere für die Applikation mit vorher festgelegten Applikationskarten oder kombiniert mit Sensoren zur Pflanzenerkennung eine interessante technische Basis.

Düsen

Gleichmäßige Quer- und Längsverteilung bei abdriftarmer Applikation sowie gute biologische Wirksamkeit durch hohe Belagsdichten und ausreichende Bestandsdurchdringung - das Ganze auch noch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten mit niedrigen Aufwandmengen, so lauten heute die hohen Anforderungen aus der Praxis, die an moderne Düsen gestellt werden. Das hinsichtlich der Abdriftminderung kaum noch Wünsche offen sind, zeigt das Verzeichnis "Verlustmindernde Geräte", das nach aktuellem Stand (Juli 2013) 317 Eintragungen für den Ackerbau aufweist [5]. Gute Belagsdichten und ausreichende Wirkungen der Pflanzenschutzmittelapplikation können mit den etablierten Injektordüsen erreicht werden, die in der kurzen Bauform weitaus weniger bruchgefährdet sind [6]. Neue Baureihen zeichnen sich durch einen weiten Druckbereich von 2 bis 8 bar aus, in denen sich das Tropfenspektrum im Vergleich zu anderen Düsentypen nur im geringen Maß verändern soll [7; 8]. Somit kann auch ohne Düsenwechsel eine verbesserte Anpassung der Wasseraufwandmenge und Fahrgeschwindigkeit an die jeweiligen Applikationsbedingungen ermöglicht werden. In speziellen Anwendungsgebieten (Ährenbehandlung, Kartoffelbau, frühe Herbizidmaßnahmen) können mit der neuen Klasse der Injektordoppel-Flachstrahldüsen gleich gute oder bessere Belagsdichten und Wirkungen erzielt werden [6]. Erstmals konnte auch eine Düse für Vorauflaufbehandlungen in die neue 95 % Abdriftminderungsklasse eingetragen werden [5]. Ein weiteres Novum stellt die JKI Anerkennung einer Flachstrahldüse (CVI 80-02) dar, die speziell für den Einsatz in Gestängen mit 25 cm Düsenabstand konzipiert ist.

Gestänge

Gestängebewegungen wirken sich negativ auf die Längs- und Querverteilung der Spritzflüssigkeit aus, da Geschwindigkeit und Abstand des Gestänges zur Zielfläche nicht konstant sind. **Bild 4** zeigt exemplarisch eine ungleichmäßige Applikation durch Gierbewegungen des Gestänges. Mit den bereits in der Vergangenheit eingesetzten statischen Dämpfungssystemen konnten diese Horizontalbewegungen nur bis zu einem gewissen Grad unterdrückt werden [9]. Neue Entwicklungen arbeiten mit elektro-rheologischen Flüssigkeiten, deren Viskosität während der Fahrt dynamisch an unterschiedliche Belastungssituationen angepasst werden kann [7]. Dadurch sollen verbesserte Dämpfungseigenschaften ermöglicht werden. Durch schnellere Ansprechzeiten der verbauten Hydraulikventile können ebenfalls die vertikalen Gestängebewegungen besser unterdrückt werden [8]. Diese Schwingungstilgung ermöglicht sehr ruhige Gestängelagen [10], die als Grundlage für eine möglichst kontinuierliche Einhaltung des Zielflächenabstandes anzusehen sind. Darüber hinaus kann der optimale Düsenabstand zur Zielfläche nur dann eingehalten werden, wenn das Gestänge auch auf Unebenheiten im Geländeverlauf reagieren kann: Ein Problem, das sich mit zunehmender Arbeitsbreite verschärft. Auch hier gibt es Neuentwicklungen in der Gestängeaufhängung, mit der eine Höhenanpassung von Gestängesegmenten an den Untergrund ermöglicht wird. Diese Entwicklungen sind bei Düsenanordnungen von 25 cm, welche eine Verringerung des Zielflächenabstandes zugunsten der Abdriftreduzierung zulassen, Grundvoraussetzung. Dass ein verringerter Zielflächenabstand die Abdrift auch bei feintröpfiger Applikation reduziert, haben Messungen beim JKI im Windkanal bereits erfolgreich aufgezeigt.

Der Anfälligkeit für ungewollte Gestängebewegungen soll jedoch technisch auch durch eine Leichtbau-Strategie begegnet werden [7; 8]. Mit Hilfe von Carbon-faserverstärktem Kunststoff (CFK) kann gegenüber den klassischen Aluminium- oder Stahlgestängen eine beträchtliche Gewichtseinsparung bei gleichzeitig hoher Festigkeit und Belastbarkeit erzielt werden. Hier sind z.B. bei einer Arbeitsbreite von 40 m Gewichtseinsparungen von bis zu einer Tonne gegenüber einer Gestängevariante aus Stahl möglich. Da die CFK-Gestänge-teile an bestehende Gestängemittelteile (aus Stahl) montiert werden können, ist somit auch eine Nachrüstung an bereits vorhandenen Geräten möglich. Ob mit dieser Lösung jedoch Gestängebewegungen tatsächlich reduziert werden können, muss durch Versuche noch gezeigt werden.

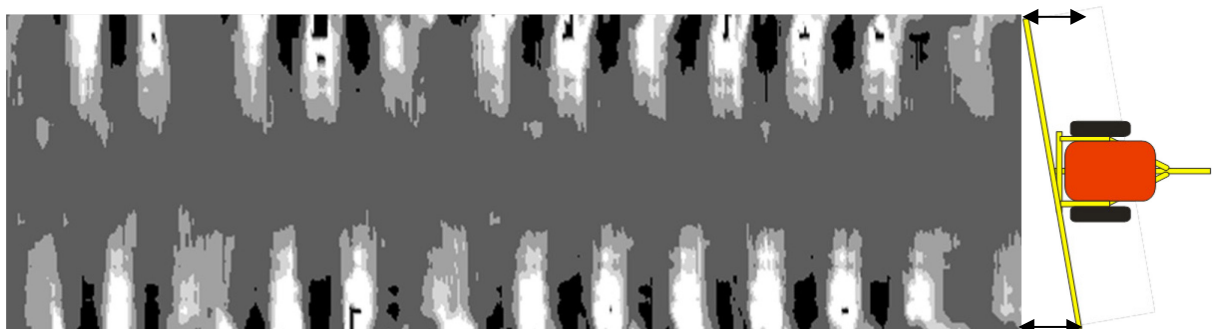


Bild 4: Einfluss von horizontalen Gestängebewegungen auf die Längsverteilung bei der Applikation [11]

Figure 4: Effect of boom yawing on longitudinal distribution during application [11]

Anwenderschutz und Reinigung

Um Punkteinträge von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer sowie phytotoxische Schäden bei Mittel- bzw. Kulturwechseln zu vermeiden, kommt es auf eine effektive Innen- und Außenreinigung der Spritzgeräte an. Auch in diesem Gebiet spielen Assistenzsysteme mittlerweile eine bedeutende Rolle. Die automatische Gerätereinigung kann heute vom Schleppersitz aus gestartet werden und bietet unterschiedlich intensive Programme für jede Anforderung. Für eine gute Reinigung spielen aber auch konstruktive Merkmale eine Rolle. Hier geht es z.B. um kürzere Leitungen und optimale Behälterformen, um technische Restmengen zu minimieren. Auch die Spülfähigkeit der verwendeten Materialien spielt eine Rolle, weswegen einige Hersteller u.a. auf Edelstahlbehälter setzen [10]. Dass diese Bestrebungen zielführend sind, haben Untersuchungen des JKI aufzeigen können [8]. Mit Pflanzenschutzmittelrestkonzentrationen von 0,01 bis 0,04 % werden geltende Standards weit unterboten, kontinuierlich arbeitende Reinigungssysteme können diese Werte noch weiter unterschreiten.

In Sachen Anwenderschutz gibt es nun zumindest bei den Selbstfahrrn Kabinen, die nach Prüfungen durch das JKI den hohen Anforderungen der Kategorie 4 gerecht werden [12]. Damit kann der Anwender auf die persönliche Schutzausrüstung bei der Applikation verzichten, da die Kabine selbst bereits einen ausreichenden Schutz bietet. Allerdings sind hier noch einige Fragen offen: Was passiert z.B., wenn der Anwender die Kabine während der Applikation z.B. zur Behebung einer Störung verlassen muss?

Auch zur Verringerung der Kontaktmöglichkeiten des Anwenders mit Pflanzenschutzmitteln gibt es neue Lösungen für die Entnahme flüssiger Pflanzenschutzmittel aus kleineren Gebinden, wenn das Spritzgerät nicht mit einer Einspülschleuse ausgerüstet ist. Über eine spezielle Kupplung kann das Gebinde mit einem Adapter direkt auf den Spritzflüssigkeitsbehälter aufgesetzt werden. Die Verbindung ist so gestaltet, dass der Anwender beim Auf- und Absetzen vor Kontaminationen geschützt ist.

Neue gesetzliche Regelungen für Pflanzenschutzgeräte

Im Februar 2012 ist das neue Pflanzenschutzgesetz in Kraft getreten, die dazugehörige Pflanzenschutzgeräteverordnung gilt seit dem 6. Juli 2013. Beide Regelungen setzen die EU-Richtlinien 2009/127/EG und 2009/128/EG in nationales Recht um. Damit ist die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten neu geordnet worden. Die bisher für das Inverkehrbringen neuer Geräte erforderliche Erklärung beim Julius Kühn-Institut ist damit weggefallen; eine Selbst-zertifizierung (Konformitätserklärung mit der EU-Maschinenrichtlinie) durch den Hersteller ist ausreichend. Für die Konformitätserklärung kann sich der Hersteller auf die Einhaltung spezieller Normen berufen, in denen die konkreten technischen Anforderungen festgelegt sind. Für Feldspritzgeräte, Spritz- und Sprühgeräte für Raumkulturen sowie für tragbare Geräte wurden dafür die Normen ISO 16119, Teil 1 bis 3 und ISO 19932, Teil 1 und 2, erarbeitet.

Das JKI kann die Hersteller bei der Konformitätsbewertung unterstützen und bietet dafür verschiedene Prüfmodule an, die von der Bewertung beschreibender Unterlagen bis zu technischen Tests reichen. Darüber hinaus werden nach wie vor verschiedene freiwillige Prüfungen, z. B. die JKI-Anerkennung und die Prüfung der Abdriftminderung, angeboten, bei denen die Prüfkriterien über die Mindestanforderungen der Maschinenrichtlinie hinausgehen.

Die Prüfung der in Gebrauch befindlichen Pflanzenschutzgeräte wurde auf Nebelgeräte, Spritzgeräte für den Unterglasanbau, Gießwagen, Spritzeinrichtungen an Luftfahrzeugen und Spritzzüge erweitert. Gleichzeitig wurde der Prüfzeitraum von zwei auf drei Jahre verlängert, so dass Landwirte ihre Spritzgeräte nur noch alle drei Jahre zur Kontrolle vorstellen müssen. Gleichwertige Prüfungen, die im Ausland durchgeführt wurden, werden in Deutschland anerkannt. Um diese Vergleichbarkeit zu gewährleisten, werden derzeit die Anforderungen an in Gebrauch befindliche Geräte in der Normenreihe ISO 16122 definiert.

Zusammenfassung

In der Pflanzenschutztechnik hat es zahlreiche Innovationen gegeben, mit deren Hilfe der Anwender in unterschiedlichster Form bei der Einsparung von Pflanzenschutzmitteln, der Einhaltung gesetzlicher Auflagen, beim Gerätemanagement sowie beim Anwenderschutz unterstützt wird. Dieser Entwicklungstrend wird sich weiter fortsetzen. Eine der größten Herausforderungen für die Zukunft wird darin bestehen, die teilflächenspezifische Bewirtschaftung weiter zu perfektionieren. Durch die Einbeziehung weiterer online und offline Datenquellen in Systemen wie z.B. den hier erwähnten "Applikationsassistenten Pflanzenschutz" kann noch ein erhebliches Entwicklungspotenzial realisiert werden, um den Anwender in seinen Entscheidungen besser zu unterstützen und weiter zu entlasten.

Literatur

- [1] VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.): Wirtschaftsbericht Landtechnik 2013. Im Internet unter <http://www.vdma.org/documents/105903/842491/VDMA%20Bericht2013%20Oeffentlichkeit.pdf/a40a834f-e781-4325-bd4e-8e0e9c7eebe3>, Abrufdatum 14.10.13.
- [2] Osteroth, H.J.: Elektronisch statt pneumatisch. dlz agrarmagazin, H. 3/2013, S. 66-71.
- [3] Scheiber, M., Kleinhenz, B., Zeuner, T., Röhrig, M.: iGreen Entscheidungsunterstützung: Applikationsassistent Pflanzenschutz. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, 10-14. September 2012, Braunschweig.
- [4] Scheiber, M.; Kleinhenz, B.: Mit GIS und Geodaten zur maschinenlesbaren Applikationskarte. Landtechnik, 68(4), 2013, S. 273-277.
- [5] JKI (Julius Kühn-Institut): Offizielles Verzeichnis Verlustmindernder Geräte 05. Juli 2013. Im Internet unter http://www.jki.bund.de/no_cache/de/startseite/institute/anwendungstechnik/geraetelisten/verlustmindernde-pflanzenschutzgeraete.html, Abrufdatum 8.10.13
- [6] Osteroth, H.J.: Die richtige Düse. ACKERplus, H. 3/2013, S 58-61.
- [7] Wegener, J.K.: Entwicklungstrends in der Pflanzenschutztechnik im Ackerbau - 2013. Kartoffelbau, H. 11/2013, S. 13-16.
- [8] Herbst, A.; Osteroth, H.-J.; Spranger, M.; Wehman, H.-J.; Garrelts, J.; Kramer, H.; Knuivers, M.; Berning, F.; Höner, G.: Reinigen & Schalten: Was die moderne Automatik leistet. Top Agrar, H. 3/2012, S. 124-137.
- [9] Herbst, A.; Wolf, P.: Spray deposit distribution from agricultural boom sprayers in dynamic conditions. ASAE Paper No. 01-1054. St. Joseph, Mich., 2001.
- [10] Eikel, G.: Horsch Leeb-Anhängespritze 7GS: Edler Stahl hat seinen Preis. Profi, H. 10/2013, S. 36-39.
- [11] Wolf, P.: Verteilungsqualität von Feldspritzgeräten. Forschungsberichte des Instituts für Landmaschinen und Fluidtechnik, Monografie, Shaker Verlag, Aachen 2002, 160 Seiten.
- [13] Osteroth, H.-J.: Schutzwirkung von Kabinen – Prüfung und erste Erfahrungen aus der JKI-Geräteprüfung. In JKI (Hrsg.): 58. Deutsche Pflanzenschutztagung 10. - 14. September 2012, Kurzfassungen der Beiträge, S. 246-247.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 20.01.2014

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Wegener, Jens K.: Größer, schneller und präziser. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055017>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/142.html>